

Комп'ютерне підтримування виробничих процесів

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ СУМІШЕЙ У ТОПЦІ З НТКШ

Сігал О.І., Кучин Г.П., Скрипко В.Я., Бикоріз Є.Й.,

Канигін О.В., *Безносик Ю.О., *Логвин В.О.

Інститут технічної теплофізики НАН України, engeco@kw.ua

*Національний технічний університет України «КПІ», logvyn_valerii@mail.ru

Одним із оптимальних шляхів заміщення природного газу є впровадження технології спалювання твердого низькоякісного та дрібнодисперсного палива в низькотемпературному киплячому шарі (НТКШ). Дана технологія дозволить виробляти теплову енергію за допомогою дрібнодисперсних відходів довгопламеневого вугілля, відсіву антрацитового штибу, що використовується на вугільних електростанціях, дрібних відходів пелет, та деревини, тощо.

Для фізичного моделювання процесів псевдозрідженого шару створено лабораторну установку, схема якої наводиться на рис. 1.

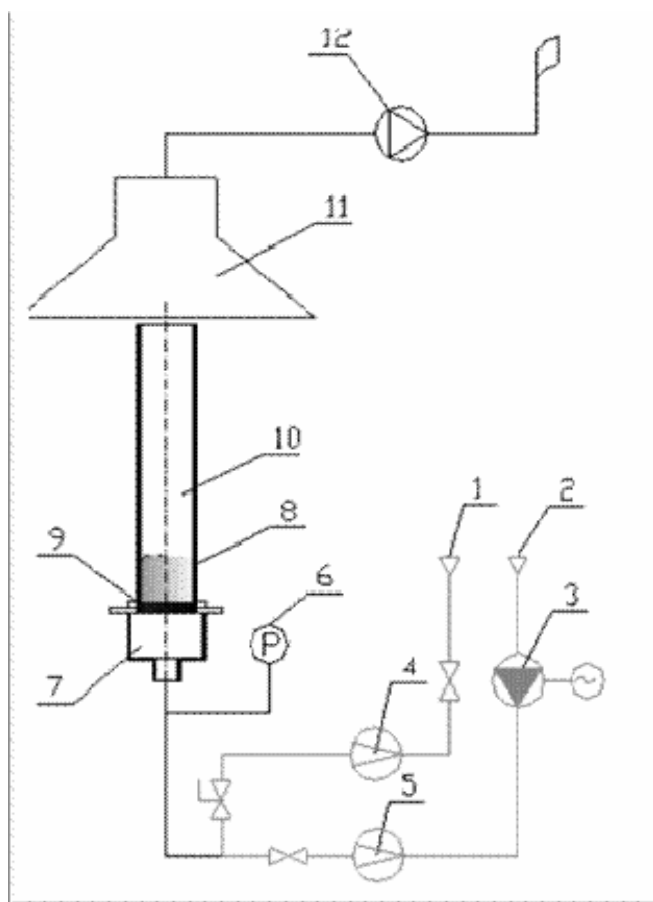


Рис. 1 – Схема лабораторної установки для дослідження характеристик зрідженого шару:

- 1 – підведення газу (пропан-бутан);
- 2 – дуттьове повітря на зрідження;
- 3 – дуттьовий вентилятор з регулюванням подачі;
- 4 – прилад для вимірювання витрати газу;
- 5 – прилад для вимірювання витрати дуттьового повітря;
- 6 – прилад для вимірювання тиску повітря (газової суміші) на вході у повітророзподільну решітку;
- 7 – камера змішування;
- 8 – зріджений шар;
- 9 – повітророзподільна решітка;
- 10 – кварцова камера;
- 11 – вентиляційний зонти;
- 12 – витяжний вентилятор

Технологія роботи лабораторного стенду полягає в наступному: підведення дуттьового повітря для зрідження (1) здійснюється за допомогою пылососа, регулювання витрати повітря (3) здійснюється з допомогою автотрансформатора. Для вимірювання витрати повітря (5) використовується ротаметр РМ-25Г. За допомогою дифманометра вимірюється тиск перед решіткою. Повітря після ротаметра потрапляє у камеру змішування (7) і проходить через повітророзподільну решітку (9), діаметр отворів якої складає 1 мм. На решітку через кварцову камеру (10), яка є камерою згорання, засипається матеріал фракцією більше 1 мм, що підлягає зрідженню. Для розігріву інертного матеріалу використовується газ (1). Витяжний вентилятор (12) та зонти (11) призначені для виведення продуктів спалювання. Діаметр камери згорання складає $59 \cdot 10^{-3}$ м. Характеристики лабораторної установки представлені у табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики лабораторної установки

Витрати повітря	Швидкість повітря	Тиск перед решіткою	Комплекс
$G, \text{м}^3/\text{год}$	$w_n, \text{м/с}$	$\Delta P_2 \text{ мм в.ст.}$	$w_n^2 \cdot \rho / 2$
9,2	0,94	3	0,5
10,4	1,06	3,5	0,7
11,8	1,2	4	0,9
13,6	1,38	5	1,2
15,4	1,57	7,5	1,5
17,2	1,75	8,5	1,9
18,8	1,91	10,5	2,2

На основі аналізу та експериментальних досліджень, було визначено, що оптимальним інертним матеріалом, для даної лабораторної установки є дрібнодисперсний шамот фракцією від 1 до 2 мм, так як він не має здатності до агломерації при температурах 800 – 1200 С та є найбільш енергоефективним серед аналогів.

Дослідження швидкості псевдозрідження при горінні паливо-інертних сумішей у співвідношенні 1:10 показали, що зазначена кількість палива практично не впливає на швидкість псевдозрідження суміші при середньому однаковому діаметрі фракцій шамоту і довгополум'яного вугілля ($d_{\text{ср}} = 1 \div 2 \text{ мм}$) рис.2. При $d_{\text{ср}} \text{ шамоту} = (1,5 \div 2,5) \cdot d_{\text{ср}} \text{ вугілля}$ відбувається сегрегація шару і процес псевдозрідження не відбувається.

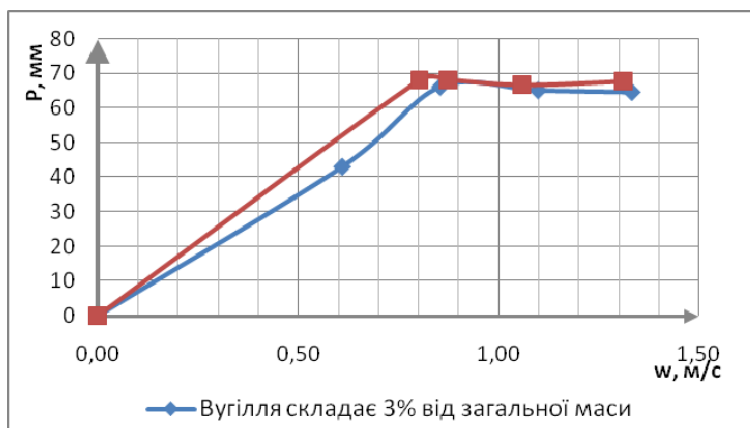


Рис. 2 – Залежність опору решітки і КШ від швидкості повітря для сумішей котлового шлаку та двофазного вугілля фракції діаметром від 1 до 2 мм

Порівняння залежностей опору решітки і КШ від швидкості повітря сумішей шамоту та вугілля марки Д (довгопламеневе) при температурах 288 та 1123 К показують, що при однакових швидкостях псевдозрідження опір решітки та КШ при температурі 1123 К у середньому у 0,8 разів менший від опору решітки та КШ при температурах 288 К (рис. 3). Висота шару (Н) при температурах 1123 К більша в середньому в два рази ніж висота шару при температурах 288 К.

Для визначення температурних режимів горіння вугілля марки Д та АШ на лабораторній установці проводились експерименти за схемою: періодично засипався інертний матеріал у камеру горіння, який розігрівався до температури 1237 К за допомогою горіння пропан-бутанової суміші. Після цього припиняється подача газу та періодично подається порційно вугілля. Відбувається різке зниження температури (рис.1), після чого виділяються летючі речовини та вугілля починає горіти. Температура підвищується до 1173 К після чого знову знижується до 1073 К, при якій необхідно провести повторну засипку вугілля для недопущення загасання.

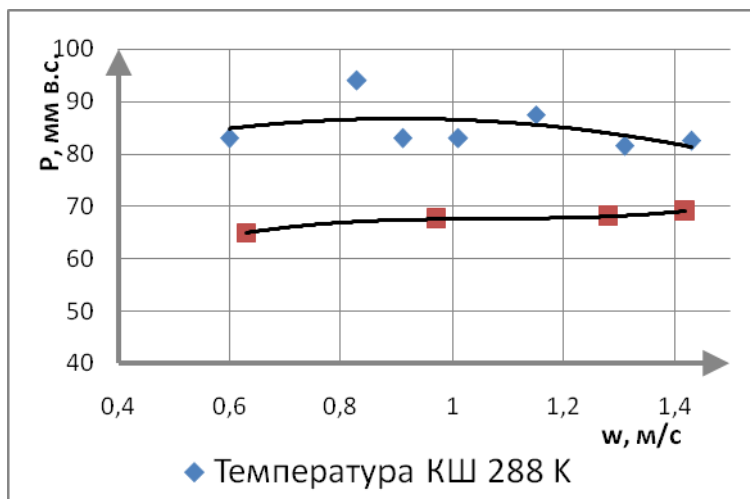


Рис. 3 – Залежність опору решітки та КШ від швидкості повітря при різних температурах для суміші шамоту (90%) та вугілля марки Д (10%)

На рис. 4 і 5 наведені температурні режими спалювання вугілля марки Д і АШ, які свідчать, що стабільне горіння вугілля марки Д має нижчу температуру горіння ніж марки АШ на рахунок більш в'язкої структури антрацитового штибу і набагато меншої кількості летючих горючих.

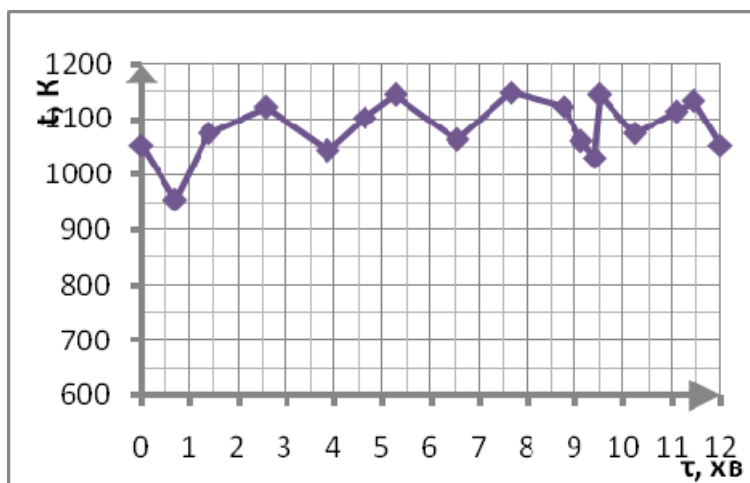


Рис. 4 – Температурний режим горіння вугілля марки Д

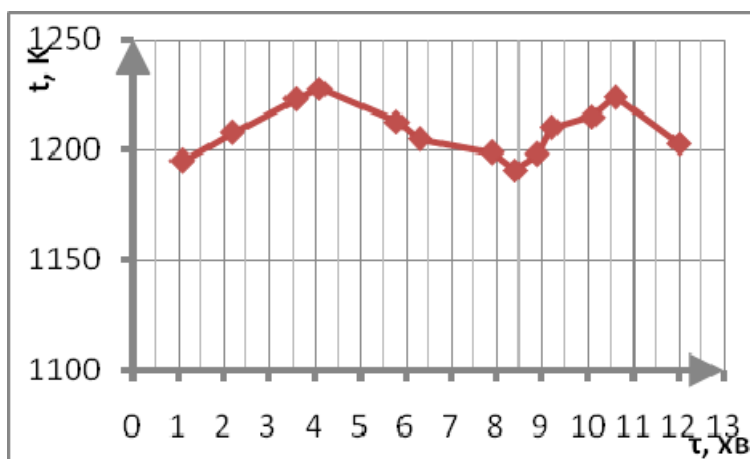


Рис. 5 – Температурний режим горіння вугілля марки АШ

У псевдозрідженому шарі процес горіння частинок вугілля істотно інтенсифікується в порівнянні з шаровим спалюванням, оскільки доступ кисню повітря до поверхні частинки тут значно більше, чим до шматків вугілля, що спалюється шаровим способом. Можливість спалити подрібнене паливо робить цей процес спалювання схожим на спалювання в пиловугільній топці з тією перевагою, що час перебування частинки вугілля в псевдозрідженому шарі можна регулювати. Це не вдається зробити в пиловугільних топках. Тривале перебування дрібних частинок вугілля в топці дає можливість понизити механічне недопалювання вуглецю в часточці палива. Особливо цінною є можливість глибокого вигорання вуглецю у високозольних частинках при порівняно невисоких температурах, рівних 1123—1223 К.

ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ

Козаневич З. Я., Колпаков В. В., Ківа І. І.

Національний технічний університет України «КПІ», e-mail: kivaigor@gmail.com

Парова конверсія є найбільш енергоємнішою стадією у виробництві аміаку та водню. Процес реалізується в трубчатих печах. Динаміка змін цін на сировину та нестабільність попиту на головну продукцію обумовлює неритмічність роботи технічного обладнання та необхідність його функціонування у режимах зміни навантаження.

Узагальнений критерій оптимізації повинен вирішувати задачу знаходження оптимальної траєкторії переходу обладнання з режиму на режим при умові мінімізації собівартості готового продукту:

$$C = \int_{T_0}^{T_f} \Pi_{\text{узаг.}}(T) \sum_{i=1}^N G_i[\phi_i(t), \phi'_i(t)] dt, \quad (1)$$

з обмеженнями: $\forall t \leq T_0 \quad \phi_i(t) = 0$, $\forall t \leq T_f \quad \phi_i(t) = \phi_i$, де C – інтегрована собівартість одиниці продукції за цикл виробництва від пуску до зупинки, T_0 – початковий час, T_f – кінцевий час, N – кількість переходів, $\Pi_{\text{узаг.}}(T)$ – узагальнені витрати, G_i – функція щільності розподілу споживаної енергії на проміжку фазових станів технологічного циклу, ϕ_i – фазові траєкторії, ϕ'_i – швидкість реалізації.

Наведений критерій призводить до складних обчислень та множини можливих оптимальних траєкторій при вирішенні задач автоматизації. Рациональніше провести декомпозицію критерію оптимізації на більш простіші задачі.

Зміна навантаження технологічного обладнання процесу конверсії призводить до змін властивостей каталізатора та частоти величин термонапружених станів реакційних труб. Це головні обставини, які можуть значною мірою впливати на кінцеву собівартість продукції.

Згідно [1, 2] існує алгоритм відновлення властивостей каталізатора зміною навантаження, як один з елементів подовження безупинного циклу виробництва. На рисунку 1 зображено блок-схему алгоритму регенерації каталізатора.

Таким чином зміна навантаження роботи печі може бути використано не тільки як виробнича необхідність, але й як окремий технологічний процес, що обумовлює відновлення каталізатору та подовження виробничого циклу. Ця обставина дає можливість сформулювати перший елемент декомпозиційної задачі оптимізації виробничого циклу процесу конверсії. А саме мінімізацію витрат сировини на відновлення властивостей каталізатора.

У зв'язку з цим в системі управління циклом виробництва пропонується використовувати алгоритм корекції тимчасового ресурсу використання реакційних труб [2]. Накопичення термічний напружень в процесі змін навантаження пропонується розраховувати з використанням моделі динаміки температурного поля реакційної зони [3].